Die Eiweisskörper der glatten Muskelfasern.

Von

Swale Vincent (Cardiff, S. Wales).

(Aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg und dem physiologischen Laboratorium des University College, Cardiff.)

(Der Redaction zugegangen am 18. November 1901.)

In einer früheren gemeinschaftlich mit T. Lewis publicirten Mittheilung [1]) über die Eiweisskörper der glatten und quergestreiften Muskeln stellte ich mit Hilfe der Coagulationstemperatur fest, dass die bei beiden Muskelarten gefundenen Unterschiede in hohem Maasse von der verschiedenartigen Reaction des Extracts abhängig waren. Bei weiterer Verfolgung des Gegenstandes kam ich zu der Ueberzeugung, dass die Untersuchung der Gerinnungstemperatur allenfalls eine oberflächliche und vorläufige Vorstellung von den in einem Extract enthaltenen Eiweisskörpern zu geben vermag, dass jedoch eine Nachprüfuug mit zuverlässigeren Methoden unbedingt erforderlich ist. Letzteres ist bezüglich der quergestreiften Muskeln durch v. Fürth [2]), bezüglich der glatten Muskelfasern von Velichi [3]) angestrebt worden. Meine früheren Erfahrungen liessen mir eine genauere Wiederholung der letzteren Untersuchung sehr wünschenswerth erscheinen, zumal von Seiten Velichi's nur eine kurze Mittheilung vorliegt. [4])

Bevor ich meine eigenen Resultate anführe, möchte ich auf eine Schwierigkeit hinweisen, die ich bei Velichi nicht

1) Journ. of Physiology, Vol. XXVI, p. 445, 1901.

2) Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol., Leipzig, Bd. 36, S. 231; 1895; Bd. 37, S. 389, 1896.

3) Centralbl. f. Physiologie, Bd. 12, S. 351, 1898.

4) Eine ausführlichere Mittheilung ist mir wenigstens nicht bekannt geworden.

erwähnt finde, nämlich den Uebergang des Myosins, des ersten Umwandlungsprodukts des Muskelplasmas, in eine unlösliche Modification. Dies erschwert die Darstellung des Myosins ungemein. Häufiges Auswaschen mit Wasser oder mit Salzlösungen, mehrfache Wiederholung der Ausfällung und — wie ich besonders bemerkte — Dialyse führen diese Veränderung herbei. Auch Halliburton[1]) hat schon diese Schwierigkeit hervorgehoben.

Untersuchungsmethoden.

Um einen Vergleich zwischen Velichi's Resultaten und den von mir selbst erlangten aufzustellen, habe ich ziemlich genau die von diesem Beobachter angewendeten Methoden befolgt. Dieselben sind in Kurzem folgende:

Der glatte, einem Schaf-, Schweine- oder Gänsemagen[2]) entnommene Muskel wird fein gehackt und mit zwei Drittel-Volumen (also für jedes Gramm Muskel $^2/_3$ ccm.) einer Salzlösung von 0,9% NaCl durchgemengt. Diese Masse wird dann in einer Fleischpresse ausgepresst und das sich ergebende Plasma der Dialyse unterworfen. Die Flüssigkeit wird in einen Dialysator gebracht und 24 Stunden gegen fliessendes Leitungswasser dialysirt.[3]) Der Dialysator wird dann auf 24 Stunden in destillirtes Wasser gesetzt.[4]) Alsdann habe ich den Inhalt

---

[1]) Journ. of Physiology, Vol. VIII, p. 133, 1887.

[2]) In meinen früheren Experimenten wurde das Blut durch Salzlösung aus dem Magen herausgewaschen; aber später wurde dies unterlassen, weil die Resultate dadurch nicht in bemerkbarer Weise beeinflusst wurden.

[3]) Bei einigen meiner Experimente setzte ich Chloroform hinzu, um Zersetzung zu verhüten. Dies geschah gewöhnlich bei den in Heidelberg bei Sommertemperatur ausgeführten Experimenten. Bei den späteren im Winter in Cardiff vorgenommenen Versuchen wurde der Zusatz des Chloroforms unterlassen, um etwaige Niederschlagbildung durch dasselbe zu vermeiden. (Krüger, Zeitschrift für Biologie, Bd. 40 N. F., Bd. 23, 3. Heft, 1901; Formanek, Diese Zeitschrift, Bd. XXIX, S. 416.)

[4]) Letztere geschah bei den in Heidelberg ausgeführten Versuchen nicht, weil hier das Leitungswasser sehr salzarm ist.

des Pergamentschlauchs filtrirt und sowohl das Filtrat wie den Niederschlag untersucht.

Untersuchungsergebnisse.

Die von Velichi bei der Dialyse erhaltenen Resultate waren folgende: Er beobachtete die Ausscheidung eines flockigen, in 5—10%igen neutralen Kochsalzlösungen und in 10—25%igen Ammonsulfatlösungen löslichen Niederschlages. Diese Lösung war opalescirend und wurde durch ein wenig Essigsäure und durch Kohlensäure gefällt. Er hielt daher den Niederschlag für ein Globulin. Er beobachtete ferner, dass die Lösung eine Neigung zu spontaner Gerinnung zeigte und beim Erhitzen bei 54—60° C. coagulirte, während bei Fürth's aus quergestreiften Muskeln gewonnenen Lösungen die Gerinnung bei 44—50° C. erfolgte. Nach dem Dialysiren und der Abscheidung des Globulins fand sich im Filtrat ein in Wasser löslicher Eiweisskörper, der weder durch Essigsäure noch durch Kohlensäure, wohl aber durch Sättigung mit neutralen Salzen gefällt wurde. Diese Substanz könnte als ein Albumin angesehen werden, ihre Gerinnungstemperatur wird von Velichi auf 46—50° C. angegeben, während das von Fürth aus quergestreiftem Muskel gewonnene Albumin eine Gerinnungstemperatur von 55—65° C. besitzt. (Velichi beobachtete auch, dass in glattem Muskel eine viel grössere Menge Nucleoproteid vorhanden ist, als in quergestreiftem, eine Beobachtung, welche von Lewis und von mir bestätigt wurde.) [1])

Für meine eigenen Untersuchungen erschien es mir zunächst als das Wichtigste, die Reaction des Muskelextractes festzustellen.

Bei der Prüfung vermittelst verschiedener Indicatoren [2]) fand ich, dass die Flüssigkeit sich gegen Lackmuspapier meistens alkalisch, aber zuweilen auch neutral [3]) und gelegent-

---

1) loc. cit.

2) Vergl. Spitzer, Pflüger's Archiv, Bd. 50, S. 551, 1891.

3) Bottazzi (Lo Sperimentale, Bd. 55, S. 140; 1891) hat Extracte von reinem Muskel als neutral reagirend beschrieben.

lich amphoter[1]) verhält. Sie ist gewöhnlich alkalisch gegen Methylorange und Alizarinroth, aber gegen Phenolphthalin[2]) ist sie immer deutlich, obgleich schwach sauer. Um in einer Anzahl von Fällen eine quantitative Schätzung der Acidität zu erhalten, wurde das Extract immer so genau als möglich von derselben Stärke bereitet, und zwar verwendete ich stets auf je 1 g des frischen feuchten Muskels $^2/_3$ ccm. 0,9 %iger Kochsalzlösung. Diese Mischung wurde in allen Fällen in demselben Umfange ausgepresst. Die quantitativen Resultate können natürlich nicht sehr genau sein, aber sie können dazu dienen, wenigstens einen ungefähren Begriff von der Acidität der Muskelextracte zu geben, besonders im Vergleich mit dem quergestreiften Muskel.

Ich habe im Durchschnitt gefunden, dass 10 ccm. des obigen Plasmas 0,65—1,65 ccm. n/10 Natronlauge zur Neutralisation erforderten, während Extracte von quergestreiftem Muskel von derselben Stärke 4,3—6 ccm. neutralisiren.

Rother Muskel vom Kaninchen ist nicht so sauer wie weisser. So erforderten 10 ccm. eines Extracts von weissem Muskel 0,8 ccm. n/10 NaHO zum Neutralisiren, während 10 ccm. eines Extracts von derselben Stärke von rothem Muskel 0,5 ccm. n/10 NaHO erforderten. Die Gerinnungstemperaturen waren 49° und 56° C. bei dem ersteren, 52° und 58° C. bei dem letzteren. Die Acidität scheint mit der Zunahme der fibrillären Substanz und mit der relativen Abnahme des Sarkoplasmas zu wachsen.

Die rothen Muskelfasern stehen also in dieser Beziehung in der Mitte zwischen den weissen und den glatten Fasern.

Ich gehe nunmehr zur Beschreibung der Resultate über, welche ich bei der Dialyse erzielte. Der Niederschlag wurde durch die Centrifuge abgetrennt, sorgfältig, jedoch nicht übermässig lange (vgl. S. 418), mit destillirtem Wasser gewaschen, ehe seine Löslichkeit und seine Reactionen geprüft wurden.

---

1) Vergl. Du Bois-Reymond, gesammelte Abhandlung, Bd. 2, S. 10; ebenso Röhmann, Pflüger's Archiv, Bd. 50, S. 84; 1891.

2) Diese Methode wurde von Landsberger angewandt, um die Reaction von quer gestreiftem Muskel unter verschiedenen Bedingungen abzuschätzen. (Pflüger's Archiv, Bd. 50, S. 339; 1891.)

Bei der Beschreibung dieses Niederschlags sagt Velichi: «Es fiel eine flockige Substanz aus, die sich in 5—10%iger Solution von Neutralsalz (auch 10—25% Ammonsulfat) opalisirend löste». Ich bin nie im Stande gewesen, diesen Niederschlag vollständig zu lösen. Keiner dieser Niederschläge geht in 25% Ammoniumsulfat in Lösung; aber in den schwächeren Lösungen dieses Salzes und auch in 7 oder 8% Kochsalz scheint ein gewisser Theil der Substanz löslich zu sein. Unter allen Umständen, mag man den Niederschlag sich selbst überlassen oder umlösen oder ergiebig auswaschen, geht mindestens ein Theil in die unlösliche Modification über, ganz ebenso wie dies bei dem entsprechenden aus quergestreiften Muskelfasern gewonnenen Produkt bereits bekannt ist. Die Lösung ist in einzelnen Fällen klar, in andern so trübe, dass man zweifelhaft sein kann, ob überhaupt eine Lösung vorhanden ist. In keiner dieser Lösungen konnte ich bei 54—60° eine Hitzecoagulation beobachten,[1]) meistens erhält man ohne Siedehitze und ohne Zusatz eines Tropfens Essigsäure überhaupt keine Abscheidung.

Der durch Dialyse erhaltene Niederschlag zeigt, entsprechend den Angaben Velichi's, die Eigenschaften eines Globulins, soweit er überhaupt löslich ist. Er wird durch Spuren von Essigsäure und durch Kohlensäure gefällt und leicht durch Halbsättigung mit Ammonsulfat niedergeschlagen. Die Herkunft des unlöslichen Theils dieses Niederschlags dürfte schwer anzugeben sein. Es ist nicht festzustellen, wie viel davon durch Umwandlung präformirten Albumins oder Globulins entstanden ist und wie viel etwa durch spontane Gerinnung des ursprünglichen Plasmas durch die Zwischenstufe eines «Myosingerinnsels» hindurch gebildet ist. Solche spontanen Gerinnungen kann man in der That beim Stehen des Plasmas beobachten; auch aus ihnen werden beim Verweilen im Dialysatorschlauch unlösliche Körper hervorgehen. Niemals habe ich eine Spontangerinnung in der Lösung des

1) Als Gerinnungstemperatur bezeichne ich die niedrigste Temperatur, bei welcher im durchfallenden Licht im Reagensglase dem blossen Auge sichtbare Flöckchen auftreten.

Niederschlages weder in Ammoniumsulfat noch in Kochsalz bemerkt. Auch kann man nicht erwarten, eine solche Gerinnung anzutreffen, wenn man sich der wohlbekannten hemmenden Wirkung der Salze auf den Vorgang der Gerinnung erinnert.

Was das Filtrat nach der Dialyse anbetrifft, so findet man, dass es reichlich Eiweiss in Lösung enthält, dem Anschein nach ein «Albumin»; aber bei meinen Experimenten trat niemals bei 46—50° C. eine Coagulation ein. Der Coagulationspunkt ist manchmal 56° oder ungefähr so viel, aber häufig viel höher.[1]) Der Grund hierfür ist darin zu suchen, dass durch die Dialyse die Acidität verringert wird. Während nämlich 10 ccm. des ursprünglichen Plasmas 0,65—1,65 ccm. n/10 NaHO zum Neutralisiren erforderten, waren für 10 ccm. des Filtrats nur 0,14 ccm. n/10 NaHO nöthig. Ich finde somit, ebenso wie Velichi, in den mit 0,9 %iger Kochsalzlösung bereiteten Muskelextracten zwei Eiweisskörper, ein Globulin und ein Albumin, komme jedoch bezüglich der Gerinnungstemperaturen zu durchaus abweichenden Resultaten.

Allgemeine Bemerkungen über die Erkennung von Eiweisskörpern durch Hitzecoagulation. Zur Erklärung der zwischen den einzelnen Beobachtern obwaltenden Widersprüche ist es nöthig, einige allgemeine Bemerkungen über die Hitzecoagulation der Eiweisskörper hier einzuschalten. Als ein Mittel zur Ausscheidung von Eiweisskörpern aus einer bestimmten Flüssigkeit, z. B. aus einem Extract von gestreiftem Muskel, welches eine in verschiedenen Fällen gleichbleibende Reaction hat, kann diese Methode vielleicht verwendbare Resultate ergeben;[2]) ihre Anwendung wird hingegen zu Irrthümern

---

[1]) Ich fügte keine Säure hinzu; möglicher Weise that Velichi dies.

[2]) Um festzustellen, ob zwei Niederschläge, die bei verschiedenen Temperaturen ausfallen, wirklich zwei verschiedenartige Eiweisskörper darstellen, würde der einzig sichere Weg natürlich der sein, in den beiden Fällen eine quantitative Bestimmung der Spaltungsprodukte zu machen. Dies ist, soweit es mir bekannt ist, bei den Eiweisskörpern des Muskels noch nicht versucht worden.

Veranlassung geben, wenn die betreffenden Eiweisskörper in Flüssigkeiten verschiedener Zusammensetzung und verschiedenartiger Reaction gelöst sind. Die Sache scheint sich so zu verhalten, dass Proteide keinen absoluten Gerinnungspunkt haben, sondern dass die Gerinnungstemperatur mit der Acidität der Lösung wechselt. Die Behauptung, dass eine Proteidsubstanz bei einer gewissen Temperatur gerinnt, hat keine Bedeutung, wenn nicht zu gleicher Zeit eine genaue quantitative Feststellung der Reaction der Lösung gemacht wird.

Es ist mir sehr wohl bekannt, dass noch viele andere Bedingungen auf die Gerinnungstemperatur einwirken.[1]) Nächst der Reaction ist das Wichtigste vielleicht die chemische Natur des Lösungsmittels und der Procentsatz des vorhandenen Salzes. So fanden Lewis und ich, dass frische Extracte von glatten Muskeln, mit 5%igem Magnesiumsulfat hergestellt, bei 55—65° coagulirten, während Extracte in ·9%iger Salzlösung (NaCl) schon bei ungefähr 49° C.[2]) eine Gerinnung zeigten. In der Muskelfaser selbst ging die Gerinnung bei 47—50° vor sich.

Vor unserer oben citirten Mittheilung[3]) waren Lewis und ich uns kaum der Grösse des Einflusses bewusst, welchen die Reaction einer Eiweisslösung auf die Gerinnungstemperatur ausüben kann, und wir wurden demgemäss eine Zeitlang zu der Vermuthung verleitet, dass der in Extracten von quergestreiften Muskeln bei 47° gerinnende Körper möglicher Weise in den Extracten von glatten Muskeln fehlen könnte.[4])

Ein Beispiel für den Einfluss nebensächlicher Factoren auf die Gerinnungstemperatur der Eiweisskörper bot sich mir bei Wiederholung der Versuche von Halliburton[5]) über die

---

[1]) Siehe Haycraft und Duggan, Brit. Med. Journ. London 1890. Vol. 1, p. 167; Proc. R. S. Edin. 1889, p. 351 und Centralblatt für Physiol., Bd. 4, S. 1; weitere Literatur s. bei Halliburton in Schäfer's textbook, Vol. 1, p. 43.

[2]) Vincent und Lewis, loc. cit., S. 463.

[3]) Proc. Physiol. Soc. Jan., 1901; Journ. of Physiol., Vol. XXVI.

[4]) d. h. $MgSO_4$ Extracte. Wir erlangten Gerinnung bei 47° in Kochsalzextracten von ·9%.

[5]) Journ. of Physiol. 1893. Vol. XV, p. 102.

Eiweisskörper des Kaninchenhirns, deren Gerinnungstemperatur dieser Autor zu 45°, 56—60° und 71—75° C. angibt. Der mit 5%igem Magnesiumsulfat bereitete Auszug aus frischem Kaninchenhirn reagirte Anfangs gegen Lackmus alkalisch, wurde bei 60° trübe und gerann flockig bei 70°, 3 Stunden später war die Lösung sauer geworden und Trübung erfolgte bei 53°, die Gerinnung bei 63° C., eine halbe Stunde später bei 62° und am nächsten Morgen bei 60° C., zugleich wurde die Lösung fortwährend stärker sauer. Die Angabe Halliburton's wird verständlich, wenn wir annehmen, dass dieser Autor seine Coagulationsbestimmung erst ausführte, nachdem ein höherer Säuregrad eingetreten war oder nachdem er bis zu diesem Grade ansäuerte.

Unterschiede im Verhalten der glatten und der quergestreiften Muskeln.

Hiernach könnte man es für fast unmöglich halten, mittels der Hitzegerinnungsmethode das Globulin und das Albumin des ungestreiften Muskels mit dem «Paramyosinogen» und dem «Myosinogen» Halliburton's zu identificiren. Zieht man indess das Verhalten zu anderweitigen Untersuchungsmitteln, z. B. zu der Fällung durch Salze, in Betracht, so kommt man zu dem Schluss, dass das durch Dialyse aus den Neutralsalzextracten des glatten Muskels abgeschiedene Globulin dem «Paramyosinogen» Halliburton's (dem «Myosin» v. Fürth's) entspricht, während das Albumin des ungestreiften Muskels dem «Myosinogen» Halliburton's (Myogen» v. Fürth's) ähnlich ist. Ob die entsprechenden Eiweisssubstanzen in den beiden Muskelarten thatsächlich identisch sind, ist schwer zu entscheiden.

Nach einer Reihe von Versuchen bin ich zu dem Schluss gekommen, dass der bei der Dialyse des Extractes quergestreifter Muskel gebildete Niederschlag reichlicher erscheint und leichter in verschiedenen Salzlösungen löslich ist, als derjenige aus glatten Muskeln. Die grössere Menge an Niederschlag lässt sich vielleicht durch den grösseren Gehalt der glatten Muskeln an Nucleoproteid erklären.[1]) Man möchte in Folge dessen einen

[1]) Siehe Velichi und Vincent und Lewis, loc. cit.

relativ geringeren Gehalt an Globulin und Albumin[1]) erwarten. Das Nucleoproteid wird durch die oben angewendeten Methoden nur in sehr geringem Maasse in Lösung übergeführt,[2]) aber die geringen in Lösung befindlichen Mengen[3]) würden mit dem Globulin zusammen durch die Dialyse gefällt und wahrscheinlich von den zur Prüfung angewandten Salzlösungen gelöst werden; auf jeden Fall würde dies für 5—10%ige Kochsalzlösung gelten.

Spontane Gerinnung in Extracten glatter Muskeln.

Ein mit 5%igem Magnesiumsulfat bereitetes Extract aus glatten Muskeln gerinnt nicht spontan oder nur nach sehr langer Zeit. Der Einfluss eines neutralen Salzes ist offenbar beim glatten Muskel ein ähnlicher wie beim quergestreiften.[4]) Beim Verdünnen des salzhaltigen, aus glatten Muskeln gewonnenen Plasmas mit Wasser erhalten wir einen Niederschlag ganz wie beim quergestreiften Muskel und beim Blutplasma.

Wenn man andererseits die Extracte aus glatten Muskeln mit 0,9%iger Kochsalzlösung bereitet, so kann man selbst wenige Grade über dem Gefrierpunkt spontane Gerinnung beobachten, dieselbe erfolgt um so schneller, je höher die Temperatur, ziemlich schnell bei 37° C., vermuthlich tritt sie bei 0° nicht ein. Uebrigens spielen hier noch unbekannte Factoren mit, z. B. war die spontane Gerinnung bei den in Heidelberg ausgeführten Versuchen kaum bemerkbar, während sie in Cardiff deutlich hervortrat. Temperaturunterschiede konnten dies nicht veranlassen, hier müssen wohl Rassenunterschiede der Versuchsthiere oder Aehnliches eine Rolle spielen.

---

[1]) Quergestreifte Muskeln enthalten jedoch mehr Wasser als glatte. (Munk, Arch. f. Anat. u. Physiol., 1897, S. 334.)

[2]) Pekelharing, Zeitschrift f. physiol. Chemie, 1897, Bd. 22, S. 245.

[3]) Diese Menge dürfte in glatten Muskeln ein wenig grösser sein als in quergestreiften, zufolge des geringeren Betrags an natürlicher Säure in den ersteren.

[4]) Vergl. Halliburton, loc. cit., S. 137.

Die Extracte aus dem Magen des Schafes gerannen leichter als die vom Schwein.

Das Gerinnungsprodukt.

Das Gerinnsel scheint aus einem etwas veränderten, d. h. schwerer löslichen Globulin zu bestehen. Während das ursprüngliche Globulin in 0,9—1,0%igem NaCl löslich ist, erfordert das Gerinnsel eine stärkere Concentration (5—10%iges NaCl) zur Lösung. Das Muskelserum enthält nur so geringe Eiweissmengen, dass diese auf die Lymphe oder in nicht ausgewaschenem Muskel auf das Blut zu beziehen sind; man muss also annehmen, dass zugleich mit dem Globulin auch das Albumin ausgefallen ist und eine Löslichkeitsänderung erfahren hat. Die Löslichkeit in 5—10%igem NaCl ist aber auch nur eine unvollkommene, und ausserdem zeigt der in Lösung gegangene Theil beim Verdünnen der Flüssigkeit eine nochmalige «Gerinnung», ähnlich wie dies schon von Halliburton beim quergestreiften Muskel angegeben ist. Das zweite Gerinnungsprodukt ist aber völlig unlöslich. Ich glaube, dies Verhalten lediglich als Uebergang des Proteids in eine weniger lösliche Form auffassen zu sollen. Die Muskelglobuline haben eben die Neigung, sich in unlösliche Modification zu verwandeln. Bemerkenswerth ist, dass hierbei zugleich eine Säuerung der Flüssigkeit stattfindet.

Die graphische Registrirung der Umwandlung des Muskeleiweisses.

In Anbetracht der grossen Schwierigkeiten der chemischen Untersuchungsmethoden wandten Lewis und ich[1])

[1]) De Zilwa (Journ. of Physiol., Vol. XXVII, p. 222, 1901) schreibt die Zusammenziehung bei 47° C. einem vitalen Vorgange zu und sagt: «beim Erhitzen des todten, schlaffen Muskels auf 70° C. findet eine mächtige Zusammenziehung statt, augenscheinlich in Folge der Gerinnung der Muskelproteide»(!). (Im Original nicht durch den Druck hervorgehoben.)

Dieser Beobachter verwendet den Retractor penis des Hundes und findet, dass der Muskel noch bei 52° C. erregbar ist. Ich kann nicht umhin, die Zusammenziehung bei 47° C. mit der Thatsache, dass Muskelextracte in 0,9% NaCl mit dem oben erwähnten Säuregrad (der «natürlichen» Säure von frischem ungestreiften Muskel) bei dieser oder

graphische Methoden an, um die Längenänderungen einzelner Muskelstücke bei der Temperatur zu registriren.

Die Ergebnisse sollen hier nicht in allen Einzelheiten wiederholt werden, nur die Hauptresultate, welche einiges Licht auf die allgemeine Frage der Muskelproteide werfen, mögen kurz erwähnt werden. Wir fanden, dass sowohl quergestreifte wie glatte Säugethiermuskeln zwei charakteristische plötzliche Zusammenziehungen bei 47—50° C. und bei ungefähr 63° C. zeigten. Wir folgerten hieraus, dass die erste durch die Hitzegerinnung des während des Lebens in der Muskelfaser vorhandenen Eiweisskörpers bedingt ist, während die zweite auf Aenderungen im Bindegewebe zu beziehen ist.

Gestreifter Amphibienmuskel gab eine Zusammenziehung bei 38—40° C. der Gerinnung von «löslichem Myogenfibrin» zufolge[1]) und eine andere bei 45—50° C. Der glatte Amphibienmuskel gab in der Regel nur bei 54° C. eine auffallende Zusammenziehung; aber zuweilen eine leichtere bei 47° C.[2])

---

einer wenig höheren Temperatur gefällt wurden, in Zusammenhang zu bringen. Es kann auch kein blosser Zufall sein, dass der Froschmuskel, aus welchem ein bei 38° C. gerinnendes Proteid ausgezogen werden kann, auch bei dieser Temperatur in Wärmestarre verfällt. Es ist schwer, sich vorzustellen, dass die Gerinnung des Muskeleiweisses erst bei 70° C. erfolgen sollte, wenn Auszüge mit physiologischer Kochsalzlösung bei 47° C. gefällt werden. De Zilwa's Zusammenziehung entspricht wahrscheinlich derjenigen, die wir bei 63° C. beobachteten und die wir Umwandlungen im Bindegewebe zuschreiben, da sie in gleicher Weise in Muskel, Haut, Sehne und einem Streifen Gelatine erfolgten.

1) Vgl. v. Fürth, loc. cit.

2) Bottazzi (Contributi alla Fisiologia del tessuto di cellule muscolari, Parti I, II, III, Firenze 1897. B. n. T.; ebenso Arch. Ital. de Biol. Bd. 31, 1899, S. 107) hatte früher die Verkürzung der Speiseröhre der Kröte bei 47° C. beobachtet und hatte überdies eine andere Verkürzung desselben Muskels, die derjenigen bei 47° C. vorangeht, bemerkt, und die wahrscheinlich derjenigen entspricht, die Lewis und ich in den quergestreiften Amphibienmuskeln bei 38—40° C. fanden. (Siehe Bottazzi und Grünbaum, Journ. of Physiol., Vol. XIV, p. 62, 1899.)

Lewis und ich haben stets die Zusammenziehung bei 37—40° C. im glatten Amphibienmuskel vermisst, ebenso auch Vernon (Journ. of Physiol., Vol. XVI, p. 487, 1894), aber wir machten keinen Versuch mit der Speiseröhre.

Zusammenstellung der Versuchsergebnisse.

Es ist schwer, in einer vollkommen befriedigenden Weise das oben angeführte Verhalten der verschiedenen Muskelarten zu erklären. Es liegt nahe, anzunehmen, dass der im Augenblick des Todes in der Muskularfaser vorhandene Eiweisskörper bei der Erhitzung auf 47° C. direkt zum Gerinnen gebracht wird; dass aber, wenn dies Erhitzen in Extracten stattfindet, eine Zerlegung erfolgt, wobei zwei Eiweisskörper gebildet werden, ein Globulin und ein Albumin. Ein Nucleoproteid ist ausserdem vorhanden.

Die beiden ersteren sind in Extracten erhalten, die in der gewöhnlichen Weise mit 0,9% NaCl oder 5% $MgSO_4$ bereitet sind, während das Nucleoproteid schwaches Alkali zum Ausziehen erfordert. Es ist 6—8 Mal so viel Nucleoproteid im glatten wie im quergestreiften Muskel, Herzmuskel bildet einen Uebergang zwischen beiden.[1]) Wahrscheinlich ist in Folge des grösseren Betrags an Nucleoproteid verhältnissmässig weniger Albumin und Globulin im glatten Muskel; aber nicht so viel weniger, als man anzunehmen geneigt sein möchte, da er wasserärmer ist.

Sowohl gestreifter als ungestreifter Muskel geben ein Salzplasma, welches entweder spontan[2]) gerinnt oder durch Verdünnung zur Gerinnung gebracht werden kann. Das Gerinnungsprodukt scheint ein leicht verändertes Globulin zu sein, nach seinen Löslichkeitsverhältnissen zu schliessen; aber das Albumin nimmt an seiner Bildung Theil. Das «Serum» enthält nur solche Proteide, die dem Blut, der Lymphe und vielleicht auch dem Bindegewebe des Muskels zugeschrieben werden können.

Einige Bemerkungen über die Schliessmuskeln der Anodonta.

Nachdem Halliburton[3]) festgestellt hat, dass «die Reaction des glatten Muskels normal alkalisch ist», führt er

[1]) Siehe Bottazzi e V. Ducchesci (Il Morgagni. Bd. 29, Nr. 10. B. n. T.) ebenso Velichi. loc. cit.

[2]) Ich habe die Frage nach einem specifischen Ferment nicht untersucht. (Vgl. Halliburton. loc. cit.)

[3]) Schäfer's Textbook. Vol. 1, p. 99.

in einer Fussnote ein Citat aus Kühne's Lehrbuch, S. 352 an, nach welchem Bernstein die Muskeln der Anodonta nach der Zusammenziehung sauer fand. Nun lässt sich bekanntlich der Schliessmuskel der Muscheln nicht ohne Weiteres auf das Schema der glatten und quergestreiften Muskeln der Wirbelthiere beziehen. Er besteht nach den Angaben der Untersucher[1]) aus zwei Theilen, und auch ich konnte bei der Anodonta deutlich quer gestreifte Theile von anderen (längs gestreiften) unterscheiden. Beide Theile des Muskels selbst verhalten sich in der Regel sauer gegen Lackmuspapier; aber zuweilen auch neutral oder alkalisch. Ein Extract des ganzen Muskels in 0,9%iger normaler Salzlösung ist opalescent und neutral gegen Lackmus, aber sauer gegen Phenolphthalein. Beim Erhitzen findet Zunahme der Opalescenz bei 56° C. und Niederschlagbildung bei 73° C. statt. (!) Bei der Dialyse zeigt sich ein ziemlich schwerer Niederschlag, welchen in irgend einem der gewöhnlichen Salzmedien aufzulösen, mir gänzlich misslungen ist. So scheint also das Globulin im Anodontamuskel durch die Dialyse gänzlich in eine unlösliche Modification verwandelt zu werden.

1) cf. Biedermann, Electrophysiologie. S. 15.

M. DuMont-Schauberg, Strassburg.